

УДК 576.895.122 : 594.38

© 1995

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУЛЬФАТА НИКЕЛЯ
НА РОГОВУЮ КАТУШКУ (MOLLUSCA: BULINIDAE),
ИНВАЗИРОВАННУЮ ТРЕМАТОДОЙ COTYLURUS CORNUTUS
(STRIGEIDAE)

А. П. Стадниченко, Л. Д. Иваненко, И. С. Горченко, О. В. Грабинская,
Л. А. Осадчук, С. А. Сергейчук

При одинаковой симптоматике отравления сульфатом никеля (200, 500, 800 мг/л) тяжесть повреждений у роговых катушек, инвазированных спороцистами и метацеркариями *Cotylurus cornutus*, больше, чем у неинвазированных моллюсков, а защитно-приспособительные способности выражены слабее.

С углублением социозэкологического кризиса возрастает загрязнение водной среды ионами тяжелых металлов, в том числе и ионами никеля. По ныне действующим санитарно-токсикологическим нормам его предельно допустимая концентрация (ПДК) в пресных водах составляет 0.1 мг/л. Однако в местах сброса в природные водоемы шахтных и рудничных вод, а также неочищенных или недостаточно очищенных стоков металлургических, металлообрабатывающих, гальванических, машино- и приборостроительных предприятий содержание в них этого токсического агента нередко превышает ПДК в десятки и сотни тысяч раз. Ионы тяжелых металлов в гидробионтах образуют стойкие комплексы с белками, в связи с чем часть гормонов и ферментов теряют свои свойства. Это приводит к нарушениям гомеостаза у пресноводных моллюсков. Влияние растворов сульфата никеля на катушку роговую в норме и при инвазии ее трематодами ранее не исследовалось.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал: 1006 экз. катушек роговых *Planorbarius corneus* (Linné, 1758), собранных в бассейне Среднего Днепра (Житомирская обл.): в мелиоративных рвах (хутор Затишье), в реках Ростовица (с. Ружин), Ирпень (с. Королевка), Мыка (с. Городище), Тетерев (с. Заречаны) в 1977—1993 гг. Диаметр раковины от 22.3 ± 0.62 до 23.5 ± 0.26 мм, масса тела от 2222.5 ± 179.6 до 2457.1 ± 78.69 мг. Подопытные животные были спонтанно заражены спороцистами и метацеркариями *Cotylurus cornutus* (Rud.). Экстенсивность инвазии партенитами 41.9 ± 3.7 , метацеркариями — $89.5 \pm 7.06\%$.

Токсикологические опыты с сульфатом никеля (ч. д. а.) поставлены по методике Алексеева (1981). Ориентировочным опытом установлены значения основных токсикологических показателей: МПК = 100, ЛК = 1000, а графически — $ЛК_{50} = 580$ мг/л. В основном опыте использованы три концентрации токсиканта — 200, 500 и 800 мг/л. Растворы приготавливали на дехлорированной отстаиванием (24 ч) водопроводной воде (рН 7.2—7.5, температура 18—20°, содержание кислорода 8.9 мг/л). Экспозиция в них катушек составила 48 ч. Через 24 ч растворы заменяли свежими. Контролем служили моллюски, помещенные в дехлорированную воду.

Гемолимфу получали прямым обескровливанием. Активную реакцию ее определяли индикатором «Рифан», содержание гемоглобина — модифицированным солянокисло-гематиновым методом по Сали (Стадниченко, Головачева, 1900). Результаты обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У свободных от инвазии моллюсков содержание гемоглобина в гемолимфе колеблется от 0.19 до 2.17 г% (Алякринская, 1970; Стадниченко и др., 1980). У исследованных нами особей оно составляет 1.7 ± 0.09 г% (размах колебания 1.2—3). Активная реакция их гемолимфы оказалась слабокислой (рН 5.1 ± 0.14 ; размах колебания 3—7), что отмечается нечасто. Следует отметить, что моллюски были добыты после миграции их на зимовку, полного обездвиживания и «отключения» легочного дыхания в илистом биотопе с большим количеством в донных отложениях не разложившегося грубого растительного детрита. Известно (Биргер, Маляревская, 1977), что в условиях дефицита кислорода у них срабатывает приспособительный механизм, позволяющий этим животным успешно выдерживать недостаток кислорода. Он состоит в частичном или полном «переключении» аэробного дыхания на анаэробное, что и имеет место у моллюсков, перешедших в состояние зимнего анабиоза. При этом возрастает поступление в их внутреннюю среду недоокисленных соединений кислой природы. Активная реакция ее, однако, обычно остается слабощелочной благодаря функционированию буферных систем гемолимфы, важнейшими из которых являются (Алякринская, 1972) бикарбонатная, фосфатная и белковая. Подкисление гемолимфы у обследованных нами катушек — это следствие разбалансировки их буферных систем из-за загрязнения среды фосфорорганическими пестицидами (ФОП). Дело в том, что моллюски заселяли водоемы, расположенные в непосредственной близости (600—700 м) от хмелеплантаций (у хутора Затишье), систематически обрабатываемых ФОП (фосфамид, метилмеркаптофос, фозалон, акрекс, дурсбан, базудин). Сразу после опрыскивания содержание пестицидов в воздухе в местах сбора материала превышало их ПДК в 1.5—31 раз, в почве (на 7-й день после опрыскивания) оно составило 0.2 мг/кг (16.9% от внесенного количества), а в водоемах — 0.17 ± 0.1 мг/л, что составляет 3.4 ПДК (Кирильчук, 1982).

У катушек, зараженных спороцистами и метацеркариями *S. cornutus*, концентрация гемоглобина в гемолимфе составляет 1.6 ± 0.16 г% (размах колебания 1.1—2.8), активная реакция среды слабокислая (рН 5 ± 0.19 , размах колебания 4—6).

В контрольной группе животных статистически достоверных различий между незараженными и зараженными трематодами моллюсками по приведенным показателям не установлено, несмотря на сплошное поражение их гепатопанкреаса спороцистами и наличие в гермафродитной железе от 5 до 43 метацеркарий. Это скорее всего связано с тем, что катушки были собраны в позднесеннее время, когда и они, и их паразиты находились в состоянии холодого оцепенения, а все метацеркарии оказались инцистированными.

По значению $ЛК_{50}$ установлена степень токсичности сульфата никеля для катушки роговой. Согласно принятой сейчас классификации (Метелев и др., 1971) это вещество является для них слаботоксичным. На первом этапе отравления сульфат никеля оказывает на моллюсков локальное воздействие, проявляющееся сначала в «прижигании», а затем слущивании эпителия, усилении слизиотделения кожными железами и дальнейшем коагулировании слизи (в связи с образованием альбуминатов). При усугублении патологического процесса, обусловленного отравлением животных этим экзотоксином, заболевание приобретает общий характер. При 200 мг/л токсиканта в среде у всех под-

опытных животных наблюдается нарушение водного обмена, проявляющееся в обезвоживании и, следовательно, в уменьшении массы мягкого тела. В норме она составляет у незараженных катушек 960.2 ± 29.9 , у зараженных 955.8 ± 59.4 мг. Потери воды по сравнению с контролем составляют 9.1 у незараженных и 9.6% — у зараженных особей. Отрицательный водный баланс, как правило, сопровождается снижением интенсивности основного обмена, замедлением ресинтеза молочной кислоты и смещением щелочно-кислотного равновесия в сторону ацидоза (Журавель и др., 1968). Что касается уровня основного обмена, то свободные от инвазии особи вредному воздействию токсической среды противопоставляют статистически достоверное его повышение. На это указывает резкое падение (на 18.8%) содержания в их гемолимфе восстановленного гемоглобина ($p = 99.1\%$). У инвазированных трематодами моллюсков эта защитно-приспособительная реакция не срабатывает: концентрация гемоглобина у них остается на уровне контроля. Следовательно, сульфат никеля в концентрации 200 мг/л на незараженных катушек оказывает стимулирующее, а на зараженных — угнетающее воздействие.

Сдвиг активной реакции гемолимфы в кислую сторону на фоне повышения уровня основного обмена у незараженных животных связан, по-видимому, с частичным «переключением» аэробного обмена на гликолиз, при котором образуется значительное количество недоокисленных соединений, и со сбоями в работе буферных систем.

В растворах, содержащих 500 и 800 мг/л сульфата никеля, у катушек развивается гипергидремия. Положительный водный баланс составляет при этом 21.5—30 и 17.2—44.5% у незараженных и зараженных животных соответственно. Он обусловлен не разжижением гемолимфы (см. таблицу), а только лишь обводнением тканей. При одинаковом содержании токсиканта в среде у инвазированных трематодами моллюсков оно осуществляется в 1.5 раза интенсивнее, чем при отсутствии инвазии. Кроме того, у них ярче выражены нарушения обмена воды между гемолимфой и тканями, в связи с чем сильнее выражены разлитые токсические отеки головы и ноги. Объем отекающих органов у зараженных катушек обычно в 1.3—1.5 раза превышает таковой у незараженных особей. В связи с этим ткани инвазированных органов в большей мере утрачивают эластические свойства. Нарушение оттока гемолимфы по венозным сосудам сопровождается у них более сильным повышением в них механического давления, что приводит к увеличению диаметра сосудов и повышению трансудации жидкости из сосудов застойного очага в ткани. Накопление кислых продуктов тканевого обмена сопровождается, как правило, ростом порозности стенок сосудов и усилением оттока воды из них в ткани.

При средней и высокой концентрациях сульфата никеля в воде усиливается сдвиг активной реакции гемолимфы катушек в кислую сторону, особенно у инвазированных трематодами. Это вызвано, на наш взгляд, во-первых, поступлением во внутреннюю среду хозяев метаболитов, образуемых паразитами, во-вторых, некробиозом и некрозом тканей, густо заселенных трематодами органов, и, в-третьих, полным переходом на гликолиз участков гепатопанкреаса, «блокированных» скоплениями парентит и метацеркарий и вследствие этого полностью отрезанных от источников кислорода. О понижении интенсивности аэробного расщепления углеводов у всех отравленных сульфатом никеля животных свидетельствует и повышение уровня содержания гемоглобина в их гемолимфе, что указывает на резкий сдвиг в динамичной системе «оксигемоглобин—восстановленный гемоглобин» в правую сторону. У свободных от инвазии катушек при повышении концентрации сульфата никеля в среде от 200 до 500 и до 800 мг/л уровень содержания гемоглобина медленно нарастает, не достигая, однако, уровня контроля даже при наибольшей концентрации токсиканта. У зараженных особей при аналогичных условиях значение этого показателя превышает норму на 30—34%, а «нереализованная» кислородная

Влияние различных концентраций (мг/л) сульфата никеля на физико-химические показатели гемолимфы *Planorbarius corneus* в норме и при инвазии трематодой

Effect of different concentrations (mg/l) of sulphate nickel on physical and chemical indices of haemolymph of *Planorbarius corneus* non-infected and infected with trematodes

Ин- вазия	Объем гемолимфы, мл			Активная реакция гемолимфы			Содержание гемоглобина, г %			Обеспеченность гемоглобином тотальной массы, г/кг			Обеспеченность гемоглобином мягкого тела, г/кг		
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	6	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	6	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	6	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	6	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	6	V
Контроль															
Нет	0.37±0.03	0.19	51.35	5.1±0.14	0.99	19.41	1.7±0.09	0.63	37.06	7.8±0.54	3.74	47.95	19.9±1.35	9.35	46.98
Есть	0.33±0.05	0.16	48.48	5±0.19	0.67	13.4	1.60±0.16	0.55	34.38	7.4±0.76	2.63	35.54	17.7±2.35	8.14	45.99
200 мг/л (76 мг/л Ni ²⁺)															
Нет	0.35±0.03	0.15	42.86	4.5±0.13	0.81	14.67	1.38±0.09	0.44	31.88	6.66±0.47	2.34	35.14	17.43±1.2	6.02	34.54
Есть	0.42±0.05	0.16	38.1	5±0.33	1	18	1.45±0.2	0.61	42.07	7.27±1.16	3.47	47.73	15.31±1.64	4.91	32.07
500 мг/л (190 мг/л Ni ²⁺)															
Нет	0.38±0.05	0.30	78.95	4±0.12	0.66	16.5	1.6±0.11	0.58	36.25	6.15±0.45	2.51	40.81	14.07±1.01	5.64	40.09
Есть	0.3±0.02	0.07	23.33	4.4±0.19	0.61	13.86	2.07±0.16	0.51	24.64	7.8±0.43	1.37	17.34	19.09±1.34	4.51	23.62
800 мг/л (304 мг/л Ni ²⁺)															
Нет	0.3±0.02	0.14	46.67	3.6±0.11	0.65	18.06	1.4±0.08	0.5	35.71	6.24±0.39	2.39	38.3	13.45±1.09	6.61	49.14
Есть	0.28±0.02	0.07	25	3.28±0.08	0.29	8.84	2.14±0.01	0.03	1.4	8.86±0.36	1.24	14	18.91±0.79	2.74	14.49

емкость гемолимфы возрастает с 0.022 до 0.03 мл O_2 . Кроме того, у них сильнее выражены изменения обеспеченности гемоглобином как тотальной массы, так и массы мягкого тела. Если при 200 мг/л сульфата никеля в среде значения этих показателей соответствуют норме, то при 500 и 800 мг/л обеспеченность гемоглобином общей массы уменьшается в 1.5, а мягкого тела — в 2 раза. Все это свидетельствует об ослаблении защитно-приспособительных возможностей катушек под влиянием паразитарного фактора. Это подтверждается и значениями выживаемости свободных от инвазии и инвазированных особей при воздействии на них одинаковыми дозами сульфата никеля. Например, при 500 мг/л токсиканта выживаемость первых из них составляет 77.8, а вторых — 96.9%.

Список литературы

- Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. 1981. Т. 17, № 3. С. 92—100.
- Алякринская И. О. Количественная характеристика гемолимфы и гемоглобина роговой катушки *Planorbis corneus* (Gastropoda, Pulmonata) // Зоол. журн. 1970. Т. 49, вып. 3. С. 349—354.
- Алякринская И. О. О буферных свойствах гемолимфы некоторых моллюсков // Зоол. журн. 1972. Т. 51, вып. 2. С. 189—196.
- Биргер Т. И., Маляревская А. Я. О некоторых биохимических механизмах резистентности водных беспозвоночных к токсическим веществам // Гидробиол. журн. 1977. Т. 13, № 6. С. 69—73.
- Журавель А. А., Кадыков Б. И., Малинин А. И., Косых В. П. Патологическая физиология сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1968. 432 с.
- Кирильчук П. П. Гигиена труда при возделывании и переработке хмеля: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1982. 25 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
- Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М.: Колос, 1971. 247 с.
- Стадниченко А. П., Головачева Л. Д. Влияние различных концентраций поверхностно-активных веществ на физико-химические свойства гемолимфы катушек (Mollusca, Bulinidae, Planorbidae) в норме и при инвазии трематодами // Паразитология. 1990. Т. 24, вып. 3. С. 238—242.
- Стадниченко А. П., Иваненко Л. Д., Бургомистренко Л. Г. Изменение физико-химических свойств гемолимфы *Planorbis corneus* (Gastropoda, Pulmonata) при инвазии паразитами *Cotylurus cornutus* (Trematoda, Strigeidae) // Паразитология. 1980. Т. 14, вып. 1. С. 66—70.

Житомирский пединститут, 262008

Поступила 08.06.1994

THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF THE SULPHATE NICKEL ON THE HORN SNAIL (MOLLUSCA: BULINIDAE) INFECTED WITH THE TREMATODE COTYLURUS CORNUTUS (STRIGEIDAE)

A. P. Stadnichenko, L. D. Ivanenko, I. S. Gorchenko, O. V. Grabinskaya, L. A. Osadchuk, S. A. Sergejchuk

Key words: sulphate nickel intoxication, physics-chemical properties of haemolymph, *Planorbis corneus*, *Cotylurus cornutus*.

SUMMARY

The effect of different concentrations (200, 500, 800 mg/l) of the sulphate nickel on the horn snail *Planorbis corneus* non-infected and infected with sporocysts and metacercariae of *Cotylurus cornutus* was investigated. In solutions of this salt there were established statistically reliable differences in the contents of haemoglobin, active reaction of haemolymph and security of the total weight and soft weight by haemoglobin.

In molluscs infected with trematodes and in those free of infection, exposed for 48 hours to sulphate nickel solutions, the symptom-complex of intoxication is analogous. However, adaptive and protective properties of infected molluscs are rather weakened. If concentrations of toxic matter are the same, the corresponding symptoms of intoxication are displayed in these animals earlier and stronger than in molluscs non-infected with trematodes.